

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

**FIBER RAMAN LASER**

Patent Number: JP58121694  
Publication date: 1983-07-20  
Inventor(s): AOKI YASUHIRO  
Applicant(s):: NIPPON DENKI KK  
Requested Patent: ☐ JP58121694  
Application Number: JP19820003799 19820113  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01S3/30 ; G02F1/35 ; H01S3/07  
EC Classification:  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

**PURPOSE:**To provide a fiber Raman laser which can simply vary an output waveform with low exciting input by providing an equalizer for compensating the refractive index dispersion of an optical fiber in a resonator.  
**CONSTITUTION:**In a drawing, numeral 6 designates a refractive index dispersion compensating equalizer, 7 designates a light delay line 8, designates a synthesizer, 9 designates a branching filter, and 10 designates an etalon. An exciting pulse light source 1 employs a mode synchronous laser having 1.06 $\mu$ m of several tens W of power, and the equalizer 6 employs gratings pairs 61, 62 and 63, 64 which are opposed to each other. The optical fiber exhibits ordinary dispersion at the short wavelength side from zero dispersion wavelength and exhibits abnormal dispersion at the maximum wavelength side. The equalizer which is formed of the grating pairs exhibits abnormal dispersion, and the dispersing amount can be regulated by the distance between the paired gratings, that is the distance between the pair 61 and 62 and the like.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

10は出力波長の選択用であり、挿入しない場合には、誘導ラマン利得に対応した波長域で散乱光が得られる。合波器8は励起パルス光入力用、分波器9は出力取出用の半透鏡である。

次に、周知のごとく、誘導四光子混合光が得られる条件は、

$$2k_p = k_s + k_{As} \quad \dots\dots(1)$$

ただし、 $k_p$  ……励起光の波数

$k_s$  ……ストークス光の波数

$k_{As}$  ……アンチストークス光の波数

である。

したがって、本発明では、第3図より明らかな様に、容易に(1)式を満たすことができるので、励起光より短波長側にも誘導四光子混合により出力が得られる。

なお、以上は励起光が零分散波長よりも短波長側についての例であるが、励起波長が零分散波長よりも長波長の場合には、等化器6として、正常分散媒質を用いればよい。第4図は正常分散を持った等化器の一例を示す図であり、屈折率 $n_1, n_2$

がそれぞれ異なるプリズムを用いている。材質としては、分散の大きいBK、PKなどを用いればよい。

上記においては、本発明の一実施例について説明したが、本発明の目的を逸脱することなく、構成要素の各種の置換変換等が可能であることはもちろんである。例えば、励起用パルス光源1として、高出力色素レーザーや、ガラスレーザーなどの他の固体レーザーを用いても良いし、光ファイバ2として、 $\text{GeO}_2$ ファイバやベンゼンなどの液体をコアにしたファイバを用いてもよい。また、等化器として、逆符号の分散を持つファイバや、あるいは複屈折フィルタ分波器を用いてもよい。

以上述べたごとく、本発明によれば、共振器構成とし、かつ、光ファイバの屈折率分散補償等化器を含むことによって、低励起入力で簡単に出力波長の選択が可能なファイバラマンレーザーが得られる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は従来の構成の一例を示す模式図、第2

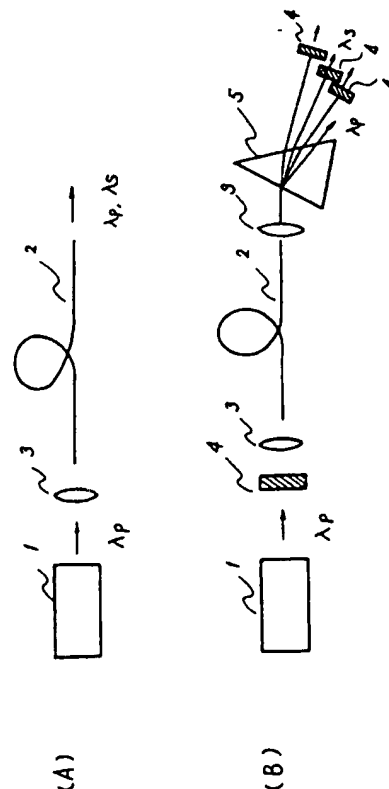
図は本発明の一実施例の構成を示す模式図、第3図は第2図における屈折率分散補償の説明図、第4図は正常分散を持った等化器の一例を示す図である。

第1図から第4図において、1は励起用パルス光源、2は光ファイバ、3はレンズ、4は反射鏡、5は分光プリズム、6は等化器、7は光遅延路、8は合波器、9は分波器、10はエタロン、11は屈折率 $n_1$ のプリズム、12は屈折率 $n_2$ のプリズムである。

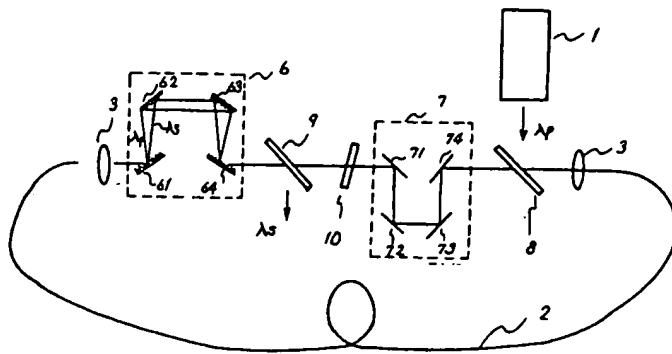
代理人 弁理士 内 原 晋



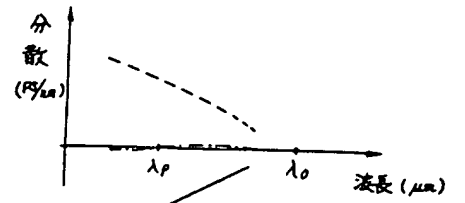
第1図



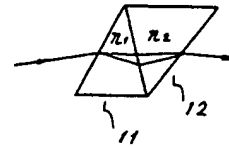
第 2 図



第 3 図



第 4 図



## ⑫ 公開特許公報 (A)

昭58—121694

⑬ Int. Cl.<sup>3</sup>

H 01 S 3/30

G 02 F 1/35

H 01 S 3/07

識別記号

庁内整理番号

6370—5F

7529—2H

6370—5F

⑭ 公開 昭和58年(1983)7月20日

発明の数 1

審査請求 未請求

(全 4 頁)

⑮ ファイバランレーザ

東京都港区芝五丁目33番1号日

本電気株式会社内

⑯ 特 願 昭57—3799

⑰ 出 願 人 日本電気株式会社

⑱ 出 願 昭57(1982)1月13日

東京都港区芝5丁目33番1号

⑲ 発 明 者 青木泰弘

⑳ 代 理 人 弁理士 内原晋

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

ファイバランレーザ

## 2. 特許請求の範囲

共振器構成をなしたパルス励起ファイバランレーザにおいて、共振器内部に励起パルス光と誘導散乱光を同期させるための光遅延路と屈折率分散補償等化器とを含むことを特徴とするファイバランレーザ。

## 3. 発明の詳細な説明

本発明は、ファイバランレーザに関し、さらに詳しくは光ファイバの屈折率分散を補償する等化器を共振器内に備えたパルス励起ファイバランレーザに関するものである。

低損失光ファイバ中では、光と物質の相互作用長が長くとれ、特に、単一モード光ファイバではコア径が10μm程度と小さい為、光子密度が大

きくなり、誘導ラマン散乱誘導四光子混合などによる誘導散乱光が比較的容易に得られる。

ファイバランレーザとは、レーザ光を光ファイバに入射し、誘導散乱光を生ぜしめる装置であり、誘導ラマン散乱以外に誘導四光子混合も含めて、広義にファイバランレーザと呼んでいる。

パルス励起ファイバランレーザでは、特に光ファイバの屈折率分散が問題となる。というのは、屈折率分散によって、光ファイバ中で伝送中に波長の異なる励起光パルスと誘導散乱光パルスの間に群遅延による走行時間差が生じ、長尺の光ファイバ中で進行波励起を行なった場合、実質的な利得が低下して、誘導散乱光を高効率に発生できなくなるからである。

周知のごとく、ファイバランレーザの誘導ラマン利得は、 $100\text{cm}^{-1} \sim 1000\text{cm}^{-1}$ の広い利得帯域を有するので、低損失、低分散なファイバを用いれば、誘導ラマン散乱・誘導四光子混合により、広い波長域で出力を得ることが可能である。

ファイバランレーザには、一回通過型のもの

と共振器構成のものがある。第1図は従来のファイバラマンレーザの構成例を示す模式図で、1は励起用パルス光源、2は光ファイバ、3はレンズ、4は反射鏡、5は分光プリズムである。なお、 $\lambda_p$ は励起光の波長、 $\lambda_s$ は誘導散乱光の波長を示す。

第1図(A)の例では、最近、単一モード光ファイバを1.32  $\mu m$  QスイッチYAGレーザで励起して光ファイバがその付近で超低損失、低分散であることを利用して1.0  $\mu m$ ～1.6  $\mu m$ の広範囲な波長域で誘導散乱光パルスが得られている。しかしながら、第1図(A)の方法は、構成は最も簡単であるが、前述の屈折率分散のため、光ファイバを長尺化することによって励起入力を下げることができず、また、共振器構成のものに比べて大きな励起入力を必要とするという欠点を有している。

第1図(B)の例では、共振器反射鏡を用いた共振器構成としかつ、励起光パルスと誘導散乱光パルスをプリズムで分離して、各々の波長における光ファイバ走行中に生じた時間差だけ光路長に差を設けることにより、励起光パルスと誘導散乱光パ

ルスを同期させ、励起入力の低下を図っている。この例では、励起用光源として1.06  $\mu m$ モード同期YAGレーザを用い、1.07  $\mu m$ ～1.32  $\mu m$ の誘導ラマン散乱光を得ている。しかしながら、第2図(B)の方法では、多波長の出力を得る場合、何枚もの反射鏡を必要とし、構成が煩雑になるという欠点を有する。また、励起光を折り返していないので、一回通過型のものと同様に励起光を十分には活用していないという欠点を有する。

本発明の目的は、前記の欠点をなくし、低励起入力で、しかも簡単に出力波長を可変できるファイバラマンレーザを提供することにある。

本発明は、共振器構成とし、かつ光ファイバの屈折率分散を補償する光ファイバと逆の分散を持った等化器とを共振器内部に含むことを特徴とする。

次に、本発明によるファイバラマンレーザについて図面を参照して詳細に説明する。第2図は本発明の一実施例の構成を示した配置構成図であり、6は屈折率分散補償等化器、7は光遅延路、8は

合波器、9は分波器、10はエタロンである。

この実施例においては、リング共振器構成を用いている。リング共振器では共振器一往復に対し、光ファイバの入力するための結合は1カ所なので、結合損失は第1図(B)のファブリペロ共振器に対して半分で済むという利点がある。

本発明の実施例においては、励起用パルス光源1としては、出力数10Wの1.06  $\mu m$ モード同期レーザ、光ファイバ2としては、コア径1.0  $\mu m$ 零分散波長1.4  $\mu m$ 程度、長さは数mから数百mの $GeO_2-SiO_2$ 単一モード光ファイバを用いている。等化器6としては、各々61と62、63と64が対になったグレーティングペアを対向させて用いている。周知のごとく、光ファイバは零分散波長よりも短波長側では正常分散、長波長側では異常分散を示す。前記のグレーティングよりなる等化器は異常分散を示し、分散量は、対になっているグレーティング間の距離、すなわち61と62間などの距離によって調整でき、溝の本数、グレーティングの大きさなどにも依るが数ps/nm

である。したがって、零分散波長よりも短波長側では、前記グレーティングよりなる等化器により、十分補償できる。

第3図は本実施例での分散特性の一例を示す図であり、 $\lambda_p$ は励起光の波長、 $\lambda_0$ は光ファイバの零分散波長である。実線は光ファイバの分散、点線はグレーティング等化器の分散、一点鎖線はこれらの和の分散である。第3図において、和の分散はほぼ零である。即ち、光ファイバ出射直後には、励起光パルスと誘導散乱光パルスの波長差に応じた走行時間差が生じているが、等化器6を通過後には、この時間差が補償されている。光遅延路7は4枚の全反射鏡を用いており、その間隔を変えることにより、遅延時間を調整できる。前記光遅延路7の第1の目的は、誘導散乱光パルスと励起光パルスを同期させるための共振器長調整用であるが、光ファイバの分散が大きい場合には、光ファイバ長をある程度まで短くして分散の量を減らし、その分、光遅延を大きくすることができるという一石二鳥の利点を有している。エタロン

10は出力波長の選択用であり、挿入しない場合には、誘導ラマン利得に対応した波長域で散乱光が得られる。合波器8は励起パルス光入力用、分波器9は出力取出用の半透鏡である。

次に、周知のごとく、誘導四光子混合光が得られる条件は、

$$2k_p = k_s + k_{As} \quad \dots\dots(1)$$

ただし、 $k_p$  ……励起光の波数

$k_s$  ……ストークス光の波数

$k_{As}$  ……アンチストークス光の波数

である。

したがって、本発明では、第3図より明らかな様に、容易に(1)式を満たすことができるので、励起光より短波長側にも誘導四光子混合により出力が得られる。

なお、以上は励起光が零分散波長よりも短波長側についての例であるが、励起波長が零分散波長よりも長波長の場合には、等化器6として、正常分散媒質を用いればよい。第4図は正常分散を持った等化器の一例を示す図であり、屈折率 $n_1, n_2$

がそれぞれ異なるプリズムを用いている。材質としては、分散の大きいBK, PKなどを用いればよい。

上記においては、本発明の一実施例について説明したが、本発明の目的を逸脱することなく、構成要素の各種の置換変換等が可能であることはもちろんである。例えば、励起用パルス光源1として、高出力色素レーザーや、ガラスレーザーなどの他の固体レーザーを用いても良いし、光ファイバ2として、 $GeO_2$ ファイバやベンゼンなどの液体をコアにしたファイバを用いてもよい。また、等化器として、逆符号の分散を持つファイバや、あるいは複屈折フィルタ分波器を用いてもよい。

以上述べたごとく、本発明によれば、共振器構成とし、かつ、光ファイバの屈折率分散補償等化器を含むことによって、低励起入力で簡単に出力波長の選択が可能なファイバラマンレーザーが得られる。

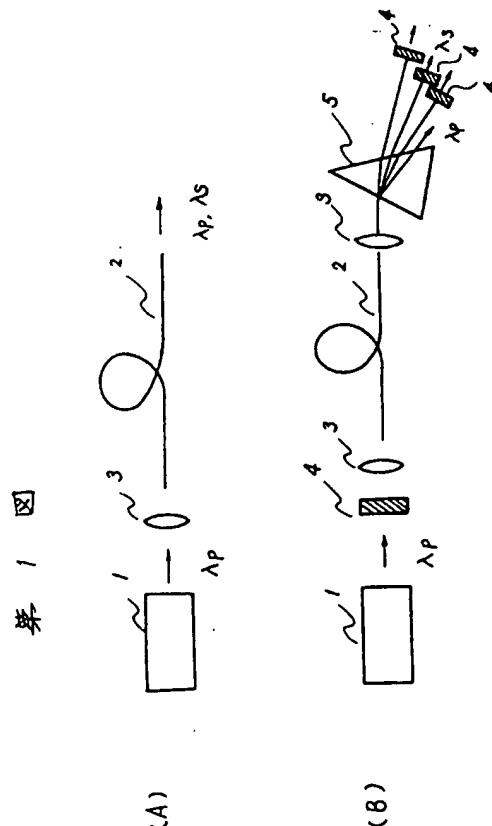
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は従来の構成の一例を示す模式図、第2

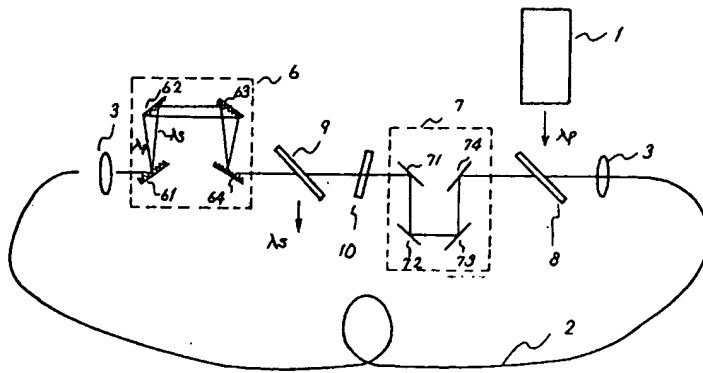
図は本発明の一実施例の構成を示す模式図、第3図は第2図における屈折率分散補償の説明図、第4図は正常分散を持った等化器の一例を示す図である。

第1図から第4図において、1は励起用パルス光源、2は光ファイバ、3はレンズ、4は反射鏡、5は分光プリズム、6は等化器、7は光遅延路、8は合波器、9は分波器、10はエタロン、11は屈折率 $n_1$ のプリズム、12は屈折率 $n_2$ のプリズムである。

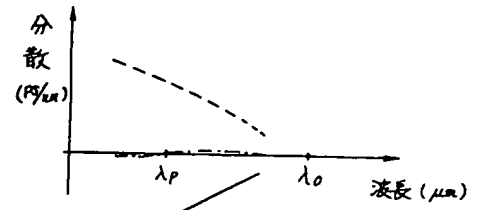
代理人 弁理士 内 原 晋



第 2 図



第 3 図



第 4 図

